

218 エオリアンハーブの周波数測定

Frequency Analysis of an Aeolian Harp

中條 祐一・足利工業大学 機械工学科

Yuichi Nakajo, Ashikaga Institute of Technology, Department of Mechanical Engineering

Key Words: Aeolian Harp, Frequency Analysis

論文要旨

エオリアンハーブは自然風により音が奏でられる弦楽器である。紀元前800年以来伝えられているホメロスの伝説には、ヘルメスが亀の甲羅に乾燥させた腱をはり、風に当ててリラを発明したいきさが描かれている。またダビデのハーブ伝説では、神が風を送って楽器を鳴らしたとされている。これらエオリアンハーブを暗示させる伝説を除外してもその歴史は16世紀まで溯り、17世紀にはヨーロッパ中に広まっている。現在では楽器としての認知度は低く、博物館に保存されているもの以外ではネット販売にて購入できるキットがわずかに存在するのみである。日本には浜松の楽器博物館が所蔵する19世紀イギリス製のエオリアンハーブが現存する唯一であるが、これをもとに長野県上田市の古楽器作家石井氏が実際に鳴るものを再現している。本研究ではこれを用いて音響解析を行なった。また、風洞や本体の風きり音によるノイズを取り除くため、ピエゾ式のピックアップを内蔵したエオリアンハーブを新たに製作し、風速と周波数、調弦した周波数とエオリアンハーブの奏でる周波数、弦の種類、太さと周波数などの関係を調べた。

1. 目的

19世紀に実在したエオリアンハーブのレプリカを用いた音響解析と、新たに製作したエレクトリック・アコースティク型・エオリアンハーブを用いた音響解析を行う。

2. レプリカエオリアンハーブについて

2-1 概観の特徴

長方形の板を組み合わせた細長い箱の上面に円形の穴があいている。さらに上面には6面体で、上面の板は約 10° に傾斜しており、弦が11本張れるようにチェンバロピンがねじこまれている。

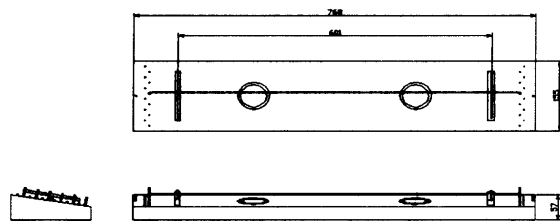


図1 レプリカ・エオリアンハーブ

2-2 実験

まず弦の張力と周波数の関係を調べるため、レプリカのエオリアンハーブを工業用扇風機の前に置き、音が高くなるように調弦していきその都度デジタルレコーダーを使用し周波数を測定した。また調弦されている弦の固有振動数を測定し、エオリアンハーブが奏でている音との関係を調べた。結果を以下に示す。

2-3 考察

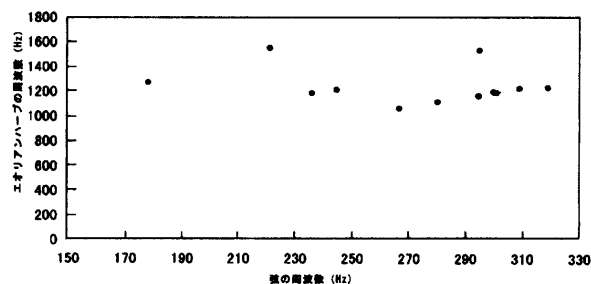


図2 チューニングした弦の周波数とエオリアンハーブの周波数

図2よりチューニングした周波数を高くしてもエオリアンハーブの周波数はほぼ一定の範囲にとどまるのを確認できる。

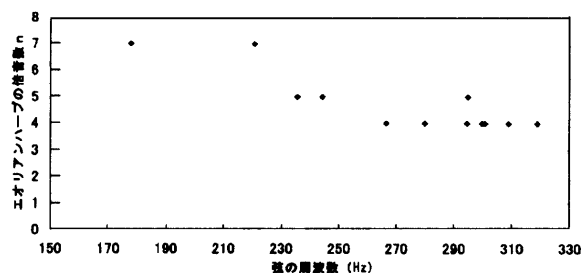


図3 チューニングした弦の倍音数とエオリアンハーブの周波数

図3よりチューニングした周波数とエオリアンハーブが鳴っている周波数を、弦をチューニングした周波数で割って求めた倍音数のグラフで、チューニングした周波数が上がればエオリアンハーブの周波数を一定の範囲におさめるために倍音の倍数 n が下がっている。しかし、弦の固定の仕方の構造上、周波数が時間とともに変化しやすいことが判明し、実験中張力が一定であったかに疑問が残る。またマイクが風きり音を激しく拾うため弦の振動を区別しにくい場合がある。したがって、エオリアンハーブの周波数とチューニング

した周波数の関係を厳密に測定するため、ジャンク品のギターヘッドを利用しピエゾ型のピックアップを内蔵したエオリアンハーブを製作した。

3. エレクトリック・アコースティック・エオリアンハーブ

3-1 概観の特徴

楕円形の共鳴箱に 12 弦ギターの先端をとりつけ、また逆の端にはピックアップを取り付け上面に穴をあけた。そして、上面は、球面状の丸みをつけたが、これらの形状は楽器のほとんどが平行な 2 面をもたないことを参考にしている。

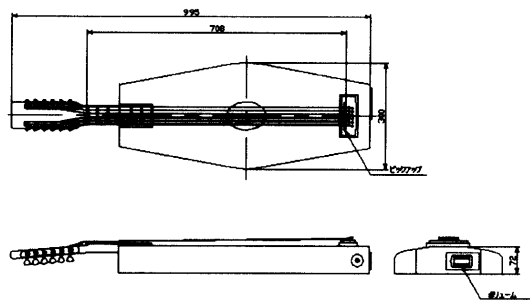


図4 エレクトリック・アコースティック・エオリアンハーブ 概略図

3-2 実験

弦を一本張ったエレクトリック・アコースティック・エオリアンハーブに風洞内で 2~6m/s の風を当て、デジタルレコーダーで周波数を測定した結果、風速が上がると周波数も上がることが確認できた。また、弦の張力を少しずつ変えながら工業用扇風機の風を当て、同様に周波数を測定し、調弦した周波数とエオリアンハーブの周波数の関係を調べた。結果を以下に示す。

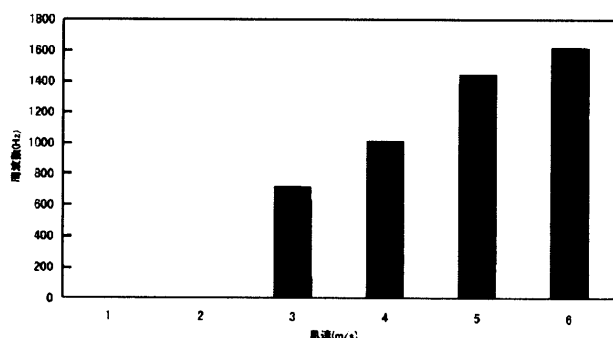


図5 風速とエオリアンハーブの周波数の関係

3-3 考察

図5よりチューニングした周波数が増加しても、エオリアンハーブの鳴る周波数は 1200 [Hz] から 1400 [Hz] の間におさまっているのがわかる。これに伴い、倍音の倍数 n は段階的に減少している。従来、エオリアンハーブの音は風速と弦直径のみにより決定され調弦に関係がないとされていたが、実際には弦は調弦された基本周波数の倍音でしかなることができないことがわかった。

次にいわゆるエオルス音との関係を調べた。

エオルス音は、空気の渦が形成される回数、すなわち障害物

によってつくられる振動の回数、ひいてはその結果発せられる音の周波数は近似的には次の式から得られることがわかっている。

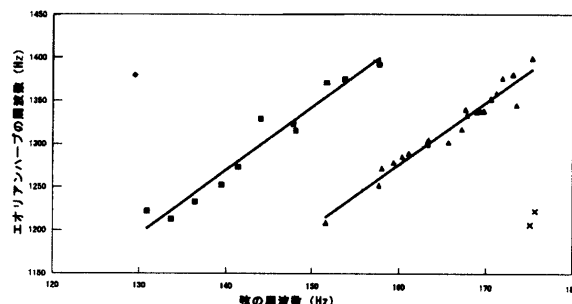


図6 チューニングした弦の周波数とエオリアンハーブの周波数

$$F = V/(5d)$$

ただし、 V は気流の速度、 d は障害物の幅とし、両者は同値の単位とする。エオルス音は円柱などの障害物の後方にできる渦により（円柱自体ではなく）空気が振動することにより発生している。一方エオリアンハーブの音は明らかに弦自体の振動であるが、弦の太さ、風速を変化させたときのエオリアンハーブの音とエオルス音の周波数の相関係数は 0.979 と非常に高い値を示した。

4. 結論

エオリアンハーブは、調弦と関係があり、エオリアンハーブの調弦を変えると、風により奏でられる周波数はある一定の範囲を、鋸刃状に上下する。エオリアンハーブは調弦した音の n 倍音の音でしか鳴っていないということが確認できたのであるが、この変動の範囲は一定弦直径、一定風速のもとではあまり大きくなく、いわゆるエオルス音の実験式との相関は極めて高い。そのような意味では大局的にエオリアンハーブの音は調弦と関係がないと表現できるが、弦はやはり固有振動数以外では振動できないということが判明した。エオリアンハーブの音は電線や自動車アンテナの作るエオルス音とは異なり、カルマン渦が加振力の弦の強制振動である。



図7 石井栄弦楽器工房作レプリカ・エオリアンハーブ（手前）と研究室作のエレクトリック・エオリアンハーブ

謝辞

石井栄弦楽器工房の石井氏は貴重な作品を長期にわたり快くお貸しくださり、製作の際のご助言も頂いた。ここに謹んで感謝の意を表します。